

学校编码: 10384
学号: 19920111152786

分类号____密级____
UDC____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于Open CASCADE的三维机电集成计算机辅助设计系
统——MECAD

3D Mechanical and Electrical Integrated Computer-aided
Design System Based on Open CASCADE

吴 轩

指导教师姓名: 卓勇 副教授
专 业 名 称: 机械电子工程
论文提交日期: 2014 年 4 月
论文答辩时间: 2014 年 5 月
学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席:
评阅人:

2014 年 5 月

基于 OpenCASCADE 的三维机电集成计算机辅助设计系统——MECAD

吴轩

指导教师

卓勇副教授

厦门大学

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

今天，几乎所有的产品和应用都受到机电一体化技术的影响，机电一体化产品对所应用的计算机辅助设计系统提出了崭新的要求，需要机械设计和电子设计方面具有良好交互性。特别是在机电一体化领域一个创新性的工艺技术是抛弃传统的 PCB 电路板，直接在三维基体材料上集成机械和电子功能，形成三维电路结构，这个所谓的 MID（Molded Interconnect Devices，模塑互连器件）工艺技术既可以在三维热注塑材料实现，也可以应用在柔性薄膜和陶瓷基体上。设计开发这种具有三维电路的器件，不仅要求所应用的辅助设计系统是一个三维的机电集成设计环境，而且需要提供集成设计的功能和 MID 工艺技术对应的特殊功能。

本文在分析国内外现有的 MCAD 软件与 ECAD 软件的不足以及集成设计软件的缺陷的基础上，设计开发了一种三维机电集成器件的计算机辅助设计系统（MECAD），该系统基于三维几何造型核心 OpenCASCADE，支持在三维环境中进行机电集成产品的数字化设计。系统提供了一系列与机电一体化设计相关的功能，这些功能不仅包括现有的三维机械设计 MCAD 系统中的基本功能，如三维建模，视角变换，零件移动等，而且还拥有现有的二维电子设计系统 ECAD 中的核心功能，如电子元件逻辑线路布置，逻辑关系计算等。因为这两个功能模块集成在一个系统中，使得三维的机械结构设计与二维的电子逻辑设计能直接在软件内部进行信息的交互和共享。除此之外系统为了保证机电集成产品开发的需要，还开发了目前机械和电子的 CAD 系统中不存在的机电集成设计功能，如三维元件布局，三维电路布线等。通过多个例子表明使用该设计系统不仅为传统的机电产品提供有效的设计方式，还支持 MID 器件的数字化设计，满足其崭新的要求，而且使设计者减轻工作量，大大的提高了设计效率。

关键词：机电一体化；MID；集成设计；Open CASCADE

Abstract

Nowadays, almost all the products and applications are affected by mechatronic integrated technology, mechatronic products proposed new requirements for the computer-aided designed system, they need good interaction between mechanical design and electronic design. Especially an innovative technology in the field of mechatronics abandons the conventional circuit boards and integrates the mechanical and electronic functions directly on injection molded thermoplastics. This so-called MID (Molded Interconnect Devices) technology can be achieved not only on three-dimensional hot molding material but also can be applied on flexible film and the ceramic. The design of this device with three-dimensional circuits requires not only the application-aided design system is a three-dimensional mechatronic integrated design environment but also need it provide integrated design features and special functions corresponding MID technology.

Based on the analysis of the deficiency of existing domestic and international ECAD\MCAD software and shortcoming of integrated design software, this paper designed a three-dimensional mechatronic devices integrated computer aided design system (MECAD), the system is based on 3D geometric modeling kernel Open CASCADE, supports digital design of electromechanical integrated products in a three dimensional environment. The system provides a series of mechatronic design-related functions, which include not only basic functions of existing 3D mechanical design MCAD system, such as three-dimensional modeling, perspective transformation, parts moving etc, but also has core features of existing two-dimensional electronic design ECAD system, such as electronic components logic circuit layout, circuit drawing, logical relationship computing etc. Because these two modules integrate in a system, it makes two-dimensional electronic logic design and three-dimensional mechanical design can directly interact and integrate

information within the software. In addition, system also has integrated design feature which do not exist in mechanical and electrical CAD systems in order to ensure integrated product development needs, such as three-dimensional component layout, three-dimensional circuit layout. Through a number of examples we prove that the system not only provides the way of effective design for the traditional mechatronic products, but also supports the digital design of MID devices, meet their new requirements, and allows designers to reduce the workload, greatly improve the design efficiency.

Keywords: Mechatronic; MID; Integrated Design; Open CASCADE

目 录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第一章 绪论.....	1
1.1 课题来源及研究背景.....	1
1.2 本课题的国内外研究现状.....	3
1.2.1 集成设计系统的研究现状.....	3
1.2.2 MID 产品设计系统的研究现状.....	5
1.3 课题研究的意义及目标.....	6
1.4 本文研究的主要内容.....	6
第二章 MECAD 系统框架设计.....	9
2.1 MECAD 系统开发平台确定.....	9
2.1.1 开发平台分析.....	9
2.1.2 Visual Studio 2010.....	10
2.1.3 Open CASCADE 几何内核.....	10
2.2 基于 MFC 的 OCAF 应用程序框架生成.....	11
2.2.1 OCAF 介绍.....	11
2.2.2 基于 MFC 的 OCAF 应用程序框架生成.....	12
2.3 MECAD 系统设计.....	13
2.3.1 MECAD 系统功能需求分析.....	13
2.3.2 MECAD 系统结构设计.....	14
2.3.3 MECAD 系统用户界面设计.....	15
2.4 本章小结.....	16
第三章 MECAD 系统机械设计模块.....	17
3.1 可视化技术.....	17

3.1.1 可视化技术的基本组成.....	17
3.1.2 视角变换操作.....	19
3.1.3 实体选取操作.....	20
3.2 几何实体建模	21
3.2.1 基本体建模.....	21
3.2.2 布尔运算.....	21
3.2.3 拉伸建模.....	22
3.3 实体模型描述与编辑	25
3.3.1 零件模型的描述.....	25
3.3.2 模型的储存.....	26
3.3.3 模型的编辑.....	28
3.4 系统数据交换	30
3.4.1 CAD 模型数据交换标准	30
3.4.2 STEP 格式文件交换	30
3.5 本章小结	34
第四章 MECAD 系统电子设计模块	35
4.1 创建二维设计环境	35
4.1.1 OCC 中的二维术语	35
4.1.2 采用 OCC 创建二维环境	36
4.1.3 创建基元.....	36
4.2 元件符号的表达	37
4.2.1 电子元件数据库的调用.....	37
4.2.2 DXF 文件读取.....	38
4.3 逻辑电路设计	41
4.3.1 二维元件符号描述.....	41
4.3.2 电子设计环境中元件符号的布局.....	41
4.3.3 逻辑线路绘制.....	42
4.3.4 逻辑关系计算.....	44
4.4 本章小结	46
第五章 MECAD 系统的集成设计	47

5.1 三维电子元件的表达	47
5.1.1 三维电子元件的描述.....	47
5.1.2 三维电子元件管脚定位.....	48
5.2 ECAD 文件导入与建模	49
5.2.1 IDF 文件格式介绍	49
5.2.2 IDF 文件读取	50
5.2.3 电子元件的准确建模.....	52
5.2.4 逻辑信息的获取与电路的生成.....	53
5.3 二维平面布局布线	54
5.3.1 根据机械外壳设计电路板.....	54
5.3.2 电子元件交互式布局.....	55
5.3.3 二维平面交互式布线.....	56
5.4 平面最短路径算法的研究	59
5.4.1 Dijkstra 算法.....	59
5.4.2 迷宫算法.....	60
5.4.3 线探索算法.....	61
5.4.4 A*算法.....	62
5.5 基于 A*算法无网格的二维自动布线	63
5.5.1 可布置区域表示.....	64
5.5.2 障碍物判断.....	65
5.5.3 A*算法的实现.....	65
5.5.4 根据路径点生成电路.....	67
5.6 本章小结	68
第六章 MECAD 系统 MID 设计模块	69
6.1 元件三维交互式布局	69
6.1.1 布线基体几何信息的获取.....	69
6.1.2 交互式三维布局.....	71
6.2 交互式三维布线	72
6.2.1 基体面关系.....	72
6.2.2 鼠标点击获取基体上的点.....	73

6.2.3 交互式布线.....	73
6.3 三维自动布线	75
6.3.1 三维最短路径搜索算法的研究.....	76
6.3.2 面展开法的 A*算法.....	77
6.3.3 三维探索的 A*算法.....	78
6.4 本章小结	80
第七章 总结与展望	81
7.1 总结	81
7.2 展望	81
参 考 文 献.....	83
致 谢.....	87
攻读硕士学位期间发表的论文及其他成果	89

Contents

Abstract in Chinese	1
Abstract in English	111
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Source and background of the subject	1
1.2 Research status in domestic or overseas of the subject	3
1.2.1 Research status of integrated design system	3
1.2.2 Research status of MID Product Design System	5
1.3 Significance and target of subject research	6
1.4 Main research contents of subject	6
Chapter 2 MECAD system framework design	9
2.1 Determination MECAD system development platform	9
2.1.1 Analysis of the development platform	9
2.1.2 Visual Studio 2010	10
2.1.3 Open CASCADE geometric kernel	10
2.2 OCAF application framework based on MFC	11
2.2.1 OCAFintroduce	11
2.2.2 Generate OCAF application framework based on MFC.....	12
2.3 MECADsystem design	13
2.3.1 MECAD system functional requirements analysis	13
2.3.2 MECAD system structure design.....	14
2.3.3 MECAD system user interface design.....	15
2.4 Summary	16
Chapter 3 MECAD system mechanical design module	17
3.1 Visualization technology	17

3.1.1 Basic composition of visualization technology	17
3.1.2 Perspective transform operation	19
3.1.3 Entity selection operation	20
3.2 Geometric solid modeling.....	21
3.2.1 Basic solid modeling.....	21
3.2.2 Boolean operation	21
3.2.3 Stretch modeling	22
3.3 Description and edit of solid models.....	25
3.3.1 Description of the part model	25
3.3.2 Storage of model	26
3.3.3 Edit of model.....	28
3.4 System Data Exchange	30
3.4.1 CADmodel data exchange standards	30
3.4.2 STEPformat document exchange.....	30
3.5 Summary.....	34
Chapter 4 MECAD system electronic design module	35
4.1 Create 2D design environment.....	35
4.1.1 2D terms in OCC	35
4.1.2 Create a 2D environment using OCC	36
4.1.3 Create primitives.....	36
4.2 Expression of element symbols	37
4.2.1 Use of electronic components database	37
4.2.2 DXF file read	38
4.3 Logical circuit design	41
4.3.1 Description of 2D element Symbols	41
4.3.2 Component symbols layout in electronic design environment	41
4.3.3 Logical line drawing	42
4.3.4 Logical relationship calculation	44
4.4 Summary.....	46
chapter 5 Integrated design of MECAD system	47

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库